

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-368702  
 (43)Date of publication of application : 20.12.2002

(51)Int.Cl. H04B 17/00  
 G01M 11/02  
 H04B 10/02  
 H04B 10/08  
 H04B 10/18

(21)Application number : 2002-105598 (71)Applicant : TYCO TELECOMMUNICATIONS (US) INC  
 (22)Date of filing : 08.04.2002 (72)Inventor : BERGANO NEAL S  
 ANDERSON CLEO D  
 PATTERSON WILLIAM W  
 MAYBACH RICHARD L

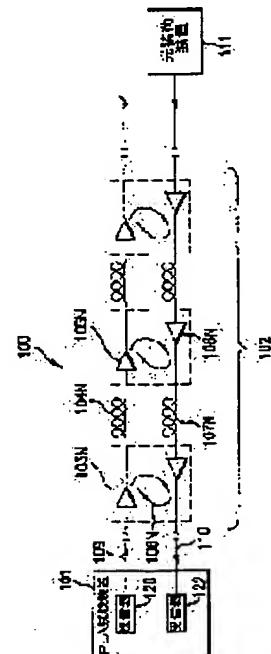
(30)Priority  
 Priority number : 2001 282071 Priority date : 06.04.2001 Priority country : US

## (54) METHOD AND SYSTEM FOR DETECTING FAULT WITH LOCALLY POLARIZED WAVE DEPENDENCE ON OPTICAL TRANSMISSION LINE

### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method and system for detecting a fault with locally polarized wave dependence on an optical transmission line.

SOLUTION: Applying a polarized wave modulation probe signal to an optical transmission line can measure a position and quantity of a fault with locally polarized wave dependence such as polarization mode dispersion and/or polarized wave dependence loss. The polarized wave modulation probe signal is fed back via a feedback path placed along the line to identify the position and strength of the fault and a probe signal receiver detects them.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

14.02.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-368702

(P2002-368702A)

(43)公開日 平成14年12月20日 (2002.12.20)

(51)Int.Cl.	識別記号	F I	テマコード(参考)
H 04 B 17/00		H 04 B 17/00	T 5 K 0 0 2
G 01 M 11/02		G 01 M 11/02	F 5 K 0 4 2
			Z
H 04 B 10/02		H 04 B 9/00	K
10/08			M

審査請求 未請求 請求項の数36 O L (全 13 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2002-105598(P2002-105598)

(71)出願人 502101180

タイコ テレコミュニケーションズ (ユ  
ーエス) インコーポレーテッド  
アメリカ合衆国 07960 ニュージャーシ  
イ, モリスタウン, コロンビア ロード  
60

(22)出願日 平成14年4月8日 (2002.4.8)

(72)発明者 ニール エス. ベルガノ  
アメリカ合衆国 07738 ニュージャーシ  
イ, リンクロフト, ユニヴァーシティ ド  
ライヴ 106

(31)優先権主張番号 60/282071  
(32)優先日 平成13年4月6日 (2001.4.6)  
(33)優先権主張国 米国 (U.S.)

(74)代理人 100064447  
弁理士 岡部 正夫 (外10名)

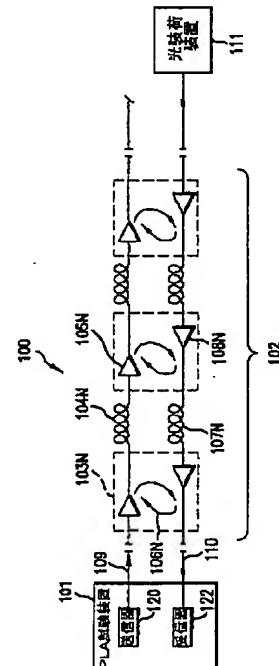
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光伝送線路上の局部化偏波依存性異常を検出するための方法および装置

(57)【要約】

【課題】 光伝送線路上の局部化偏波依存性異常を検出  
するための方法および装置を提供すること。

【解決手段】 光伝送線路に偏波変調プローブ信号を印  
加することにより、偏波モード分散および/または偏波  
依存性損失などの局部化偏波依存性異常の位置および量  
を測定することができる。偏波変調プローブ信号は、異  
常の位置および強さを識別するために、線路に沿って配  
置された帰還経路を介して戻され、プローブ信号受信器  
によって検出される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1および第2の光伝送経路およびループバック経路を有する光通信ネットワークのための偏波異常ロケータ・システムであって、前記システムが、プロープ信号を前記ネットワーク上で送信するように構成された送信器であって、前記ループバック経路が前記プロープ信号の少なくとも一部を、前記第1の伝送経路から前記第2の伝送経路へ戻りプロープ信号として結合し、前記送信器が、前記プロープ信号源と光連絡した変調セクションを有し、前記変調セクションが、特定の周波数の前記プロープ信号に一定深さの変調を付与するように構成された送信器と、前記戻りプロープ信号を受信し、かつ、前記戻りプロープ信号に応じて、前記光通信ネットワーク内の偏波異常を検出するように構成された受信器とを備えるシステム。

【請求項2】 前記変調セクションが、搬送周波数の前記プロープ・レーザ出力信号の振幅を変調するように構成された振幅変調器と、偏波周波数の前記プロープ・レーザ出力信号の偏波を変調するように構成された偏波変調器とをさらに備え、それにより前記振幅変調器および偏波変調器が、変調プロープ・レーザ出力信号を提供する、請求項1に記載のシステム。

【請求項3】 前記振幅変調器が、前記搬送周波数の前記プロープ・レーザ出力信号に正弦波強度変化を付与するために、前記プロープ・レーザ出力信号の振幅を変調するように構成される、請求項2に記載のシステム。

【請求項4】 前記偏波変調器が、前記プロープ・レーザ出力信号の偏波状態に、前記偏波周波数で実質的に直交する偏波状態間のスイッチングを付与するために、前記プロープ・レーザ出力信号を偏波変調するように構成される、請求項2に記載のシステム。

【請求項5】 前記送信器が、前記変調プロープ・レーザ出力信号の平均偏波状態を調整するように構成された偏波調整器をさらに備える、請求項2に記載のシステム。

【請求項6】 前記送信器が、制御信号に応じて、前記変調プロープ・レーザ出力信号を光経路上に選択的に切り換えるように構成された光スイッチをさらに備える、請求項2に記載のシステム。

【請求項7】 前記送信器が、装荷信号を提供するように構成された装荷レーザと、装荷レーザ制御信号に応じて、装荷信号光経路上の前記装荷信号を切り換えるように構成された装荷レーザ光スイッチと、前記光経路上および前記装荷信号光経路上の光パワーを、パワー結合器出力として結合するように構成されたパワー結合器とをさらに備える、請求項6に記載のシステム。

【請求項8】 前記制御信号が、前記装荷レーザ光スイッチが閉状態にある時、前記光スイッチをオン状態に切り替え、また、前記装荷レーザ光スイッチが開状態にある時、前記光スイッチをオフ状態に切り換えるように構成される、請求項7に記載のシステム。

【請求項9】 前記装荷信号の周波数が、前記ネットワークの光通過帯域内にあり、かつ、前記プロープ・レーザ出力信号の周波数とは異なる、請求項7に記載のシステム。

【請求項10】 前記送信器が、前記パワー結合器出力に基準異常レベルを提供するように構成された光基準素子をさらに備える、請求項7に記載のシステム。

【請求項11】 前記送信器が、前記光基準素子の出力の平均偏波状態を調整するように構成された偏波調整器をさらに備える、請求項10に記載のシステム。

【請求項12】 前記送信器が、前記プロープ信号に基づ異常レベルを提供するように構成された光基準素子をさらに備える、請求項1に記載のシステム。

【請求項13】 前記基準異常レベルが、所定レベルの偏波依存性損失からなる請求項12に記載のシステム。

【請求項14】 前記基準異常レベルが、所定レベルの偏波モード分散からなる請求項12に記載のシステム。

【請求項15】 前記受信器が、前記戻りプロープ信号を受信し、かつ、累積色分散を補償するための色分散補償器を備える、請求項1に記載のシステム。

【請求項16】 前記偏波異常が偏波依存性損失であり、前記受信器が、前記戻りプロープ信号を表す信号の振幅を検出することにより、前記偏波依存性損失を検出するように構成された振幅検出器を備える、請求項1に記載のシステム。

【請求項17】 前記偏波異常が偏波モード分散であり、前記受信器が、前記戻りプロープ信号を表す信号の位相変調を検出することにより、前記偏波モード分散を検出するように構成された位相検出器を備える、請求項1に記載のシステム。

【請求項18】 前記位相検出器がPM/A M変換器を備える、請求項17に記載のシステム。

【請求項19】 前記プロープ信号が搬送周波数で送信され、かつ、偏波変調周波数で変調され、前記PM/A M変換器が、前記戻りプロープ信号を表す前記信号を、第1、第2および第3の光経路上に分割するためのパワー分割器を備え、前記第1の光経路が、実質的に前記搬送周波数+前記偏波変調周波数に等しい周波数を中心とする通過帯域を有する第1の帯域通過フィルタを備え、前記第2の光経路が、実質的に前記搬送周波数に等しい周波数を中心とする通過帯域を有する第2の帯域通過フィルタ、および前記第2の帯域通過フィルタの出力を遅延させるための遅延素子を備え、前記第3の光経路が、実質的に前記搬送周波数-前記偏波変調周波数に等しい周波数を中心とする通過帯域を有する第3の帯域通過フ

ィルタ、および前記第1の帯域通過フィルタ、前記遅延素子、および前記第3の帯域通過フィルタの出力パワーを結合するためのパワー結合器を備える、請求項18に記載のシステム。

【請求項20】前記プローブ信号が、振幅変調および偏波変調される、請求項1に記載のシステム。

【請求項21】前記プローブ信号が振幅変調される、請求項1に記載のシステム。

【請求項22】前記プローブ信号が偏波変調される、請求項1に記載のシステム。

【請求項23】前記第2の伝送経路と光連絡したインバウンド装荷レーザを備え、前記装荷レーザが第2の伝送経路に関連する雑音レベルを低減するように構成される、請求項1に記載のシステム。

【請求項24】光ネットワーク内の偏波依存性異常を検出する方法であって、前記方法が、

プローブ信号を前記ネットワーク上で送信するステップと、

戻りプローブ信号として前記ネットワークから前記プローブ信号を受信するステップと、

前記戻りプローブ信号に応じて前記偏波異常を検出するステップとを含む方法。

【請求項25】前記方法が、前記プローブ信号の移動距離に応じて、前記偏波異常の位置を計算するステップをさらに含む、請求項24に記載の方法。

【請求項26】前記プローブ信号が、振幅変調および偏波変調される、請求項24に記載の方法。

【請求項27】前記プローブ信号が振幅変調される、請求項24に記載の方法。

【請求項28】前記プローブ信号が偏波変調される、請求項24に記載の方法。

【請求項29】前記ネットワークが、第1および第2の光伝送経路およびループバック経路を備え、前記プローブ信号の少なくとも一部が、前記第1の伝送経路上で送信され、前記ループバック経路を介して、前記戻りプローブ信号として前記第2の伝送経路から受信される、請求項24に記載の方法。

【請求項30】光ネットワーク内の偏波依存性異常のレベルを近似化する方法であって、前記方法が、

プローブ信号を前記ネットワーク上で送信するステップと、

戻りプローブ信号として前記ネットワークから前記プローブ信号を受信するステップと、

基準プローブ信号を既知の基準異常と共に前記ネットワーク上で送信するステップと、

戻り基準プローブ信号として前記ネットワークから前記基準プローブ信号を受信するステップと、

前記戻り基準プローブ信号と前記戻りプローブ信号を比較するステップとを含む方法。

【請求項31】前記プローブ信号および前記基準プロ

ープ信号が、振幅変調および偏波変調される、請求項30に記載の方法。

【請求項32】前記プローブ信号および前記基準プローブ信号が振幅変調される、請求項30に記載の方法。

【請求項33】前記プローブ信号および前記基準プローブ信号が偏波変調される、請求項30に記載の方法。

【請求項34】前記ネットワークが、第1および第2の光伝送経路およびループバック経路を備え、前記プローブ信号の少なくとも一部が、前記第1の伝送経路上で

送信され、前記ループバック経路を介して、前記戻りプローブ信号として前記第2の伝送経路から受信される、請求項30に記載の方法。

【請求項35】前記既知の基準異常が、偏波依存性損失の既知量である、請求項30に記載の方法。

【請求項36】前記既知の基準異常が、偏波モード分散の既知量である、請求項30に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

20 【従来の技術】関連出願の相互参照本出願は、参照によりその教示が本明細書に組み込まれる、2001年4月6日出願の米国仮出願第60/282,071号の出願日の利益を主張するものである。

【0002】本発明は情報の光伝送に関し、さらに詳細には、光伝送経路上の偏波依存性異常の位置および量を決定するための方法および装置に関する。

【0003】「海面下」すなわち「海底」システムなどのロングホール通信システムの容量は、かなりの速度で増加している。例えば、ロングホール光増幅海底通信システムの中には、単一光チャネルにおいて、10ギガビット/秒(Gbps)以上の速度で情報を伝送することができるシステムがある。波長分割多重化方式として知られているプロセスでは、光ファイバ・ネットワークの伝送容量を最大化するために、単一のファイバが複数の光チャネルを搬送している。例えば、単一光ファイバは、個別の光チャネル内を64個の個々の光信号を、光ファイバの低損失ウィンドウの中で、例えば1,540ナノメータと1,564.8ナノメータの間で均等に広がった(すなわち、チャネル間の広がりが0.4ナノメータ毎)に対応する波長で搬送している。

【0004】しかし、ロングホール通信システムは、特に、信号が移動しなければならない距離が比較的長い(すなわち、一般的に600キロメータないし12,000キロメータ)ことによってもたらされる雑音およびパルスひずみに敏感である。光伝送システムの性能は、通常、信号のQ値として公表される。Q値とは、受信機の決定回路に入る際のディジタル信号の電気信号対雑音比であり、等価的に信号のビット誤り率を示している。

(Neal S. Bergano, F. W. Kerfoot, および C. R. Davidson著「Margin

n Measurements in Optical Amplifier Systems」(Photonics Technology Letters, Vol. 5, No. 3, 1993年3月)。通常、ディジタル伝送システムのオペレータおよび所有者は、16 dBより大きいQ値を必要とする1×10

未満のビット誤り率でシステムが動作することを要求している。

【0005】偏波モード分散(すなわちPMD)は、単一モード・ファイバなどの光経路を介した、異なる偏波に対する差動飛行時間である。PMDは光伝送システムの平均性能を低下させ、また、性能が時間と共に変動する原因になっている。PMDによって現れる害の1つは、波形の劣化すなわち時間と共に変化するひずみである。偏波依存性損失(すなわちPDL)は、光コンポーネント中におけるような、光経路を介した異なる偏波に対する差動減衰である。PDLも同様に光伝送システムの平均性能を低下させ、また、性能が時間と共に変動する原因になっている。PDLによって現れる害の1つは、時間と共に変化する信号対雑音比の劣化である。PMDおよびPDLに起因する性能の変動により、満足すべき性能を保証するためには、システムの動作にマージンを付加しなければならない。

【0006】通常、PMDおよびPDLに起因する追加ペナルティは、システムにおけるPMDおよびPDLの最大値および平均値にスペックを設定することによって制限されるが、近代の製造プロセスの現実から、高度に局部化された偏波異常を光伝送システムに存在させることは、ほとんど不可能である。高度に局部化された偏波異常が生じると、既存のシステム内の偏波異常の位置を特定することは不可能である。偏波異常の大きさによっては、システムに及ぼす影響がほとんど無い、あるいは全く無い程度の些細な劣化で済むが、偏波異常の大きさが極端な場合は、システムは使用不可能になる。

【0007】したがって、光伝送システムにおける偏波依存性異常の位置を特定するためのシステムおよび方法が必要である。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】したがって本発明の目的は、光伝送線路上の局部化偏波依存性異常を検出するための方法および装置を提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明による偏波異常ロケータ・システムは、プローブ信号を、プローブ信号を伝送する第1および第2の光伝送経路、および戻りプローブ信号としてプローブ信号の少なくとも一部を第1の伝送経路から第2の伝送経路に結合するためのループバック経路を備えたネットワーク上で送信するように構成された送信器と、戻りプローブ信号を受信し、かつ、受信した戻りプローブ信号に応じて光通信ネットワーク内

の偏波異常を検出するように構成された受信器を備えている。送信器と受信器の間をプローブ信号が移動する距離から、ネットワーク上の異常の位置が決定される。また、ネットワーク内の異常の量すなわちレベルを決定するため、プローブ信号中に偏波異常の基準量が提供される。

【0010】本発明による光ネットワーク内の偏波依存性異常を検出する方法には、ネットワーク上でプローブ信号を送信するステップ、戻りプローブ信号としてネットワークからプローブ信号を受信するステップ、および受信した戻りプローブ信号に応じて偏波異常を検出するステップが含まれている。本発明による光ネットワーク内の偏波依存性異常レベルの近似値を見出す方法には、ネットワーク上でプローブ信号を送信するステップ、戻りプローブ信号としてネットワークからプローブ信号を受信するステップ、ネットワーク上で既知の基準異常を有する基準プローブ信号を送信するステップ、戻り基準プローブ信号としてネットワークから基準プローブ信号を受信するステップ、および戻り基準プローブ信号と戻りプローブ信号を比較するステップが含まれている。

【0011】その他の目的、特徴および利点と共に本発明をより良く理解するために、以下の詳細説明を参照し、同一番号が同一部品を表す添付の図と共に読まれたい。

【0012】

【発明の実施の形態】図1は、本発明による、光経路102に接続された例示的偏波異常ロケータ(「PAL」)システム101の概略を示したものである。説明を分かり易くするために、システム101がポイントツーポイント・システムとして極めて単純に描写されていることについては当分野の技術者には認識されよう。本発明は、本発明の精神および範囲を逸脱することなく、広範囲の様々な光ネットワーク、システムおよび光増幅器に組み込むことができることを理解されたい。

【0013】図に示す実施形態では、システム100は、ファイバ対102として示されている光経路を備えている。光経路102の実施例の1つに、海底ケーブルにおけるファイバ対がある。システムの特徴および要求に応じて、光ファイバ対102は、光増幅器、光フィルタ、およびその他の能動/受動コンポーネントなど、様々なコンポーネントを接続することができる。これらの要素の各々に対する様々な構成については、当分野の技術者には知られているよう。

【0014】分かり易くするために、アウトバウンド方向に増幅器105Nおよびファイバ経路104Nを備え、インバウンド方向に増幅器108Nおよびファイバ経路107Nを備える光経路102が示されている。光増幅器105Nおよび108Nは、帰還経路106Nを介して主送信信号のごく一部を反対方向のファイバ経路に結合する手段を有する対103N中に組み込むことが

できる。帰還経路の様々な構成については、当分野の技術者には知られていよう。一実施形態では、帰還経路は、線路監視装置に関連して業界で広く使用されている高損失ループバック経路として構成されている。光増幅器105Nおよび108Nは、例えばEritファイバ増幅器および/またはラマン増幅器であり、ファイバ104Nおよび107N内における減衰を補償するための光利得を提供している。これらの構成についても、当分野の技術者には良く知られていよう。

【0015】PAL試験装置101内で生成されたプローブ信号は、通常、経路109を介して送信器部分120から光経路102に導かれる。このプローブ信号は、複数の増幅器対103N中に設けられた帰還経路106Nを介して、アウトバウンド経路からインバウンド経路に結合される。戻り信号は、経路110を介してPAL試験装置へ導かれる。戻り信号は、PAL試験装置の受信器部分122で受信され、検出かつ送信信号と比較され、局部化された偏波依存性異常の位置が特定される。また、光装荷装置111が設けられている。光装荷装置111は、入力方向の雑音レベルを低減し、戻りプローブ信号の振幅変調または位相変調の測定を容易にするために使用される、「インバウンド」装荷信号をもたらすように構成されたレーザである。一実施形態では、インバウンド装荷信号は、プローブ・レーザの波長と重複することなく、かつ、試験中のシステムの光通過帯域内の波長のレーザからの信号である。

【0016】図2は、本発明によるPAL試験装置101の送信器部分の一例示的実施形態120の簡易ブロック図である。様々な構成の送信器が可能であることは、当分野の技術者には認識されよう。本明細書において使用されている「光連絡」という表現は、1つの光システム要素によって搬送される光信号が、それによって「通信」要素に伝えられるあらゆる接続、結合、リンクまたは類似を意味している。このような「光連絡」装置は、必ずしも直接相互接続する必要はなく、中間光コンポーネントまたは装置によって分離することができる。図に示す例示的実施形態では、プローブ・レーザ201は、経路202上に、波長 $\lambda_{CW}$ の持続波(CW)光信号を生成している。変調セクションは、周波数発生器204からの電気信号( $f_{CW}$ )に従って信号202の強度を変調する振幅変調器203を備えている。本発明の一実施形態では、周波数発生器204は、経路202上のCW信号を振幅変調するため、例えば1GHzの単純な正弦波信号を提供することができる。したがって経路205上の信号は、正弦波の強度が変化する振幅変調光信号である。

【0017】変調セクションはさらに、周波数発生器207からの周波数( $f_{CW}$ )の電気信号に従って、経路205上の信号の偏波状態を変調するように構成された偏波変調器206を備えている。本発明の一実施形態

では、周波数発生器207は、経路205上の信号を偏波変調するための、例えば1MHzの単純な方形波信号を提供することができる。一動作モードでは、変調器206および信号発生器207は、1MHzのレートで、信号205の偏波状態を2つの直交偏波間で繰り返し切り換えることができる。経路208上の信号の平均偏波状態は、偏波調整器209および224によって、緩やかに変化させることができる。偏波調整器209および224はいずれも、Agilent Technologiesによって製造された、装置モデル番号11896Aと類似の装置である。

【0018】一動作モードでは、試験中の偏波依存性異常の効果を平均化するために、経路210上に現れる、異なる偏波を通して偏波変調器206と光連絡している偏波調整器209を緩やかにスキャンさせることができる。経路210上の信号は、スイッチ・コントローラ212によって生成される制御信号213に従って、光スイッチ211によって時間ゲート(すなわち、スイッチ・オンおよびスイッチ・オフ)される。一動作モードでは、光スイッチ211およびスイッチ・コントローラ212を使用して、数十マイクロ秒の間、信号210をスイッチ・オンし、次に数十ミリ秒の間、信号210をスイッチ・オフすることができる。

【0019】装荷レーザ214は、プローブ・レーザ201からの波長と重複することなく、かつ、試験中のシステムの光通過帯域内の波長である波長 $\lambda_{LDH}$ のCW光信号を、経路215上に生成することができる。経路215上の信号は、スイッチ・コントローラ212によって生成される、経路217上の制御信号に従って、光スイッチ216によって時間ゲート(すなわち、スイッチ・オンおよびスイッチ・オフ)される。一実施形態では、光スイッチ216およびスイッチ・コントローラ212を使用して、数十マイクロ秒の間、経路215上の信号をスイッチ・オフし、次に数十ミリ秒の間、経路215上の信号をスイッチ・オンし、経路219上に出現させることができる。経路218および219上の光信号は、光パワー結合器220内で加算され、加算された信号が光経路221上に出現する。スイッチ211および216のタイミングは、ポート221から出力される総パワーが常にほぼ一定になるように、一方のスイッチがオンの時、もう一方のスイッチがオフになるように配列されている。

【0020】一実施形態では、試験中の経路内における誘導ブリュアン散乱を防止するために、プローブ・レーザ201および装荷レーザ111、214に、拡大スペクトル幅を持たせることができ有利である。その場合、半導体レーザへの注入電流の変調など、多数の標準実践手法の任意の1つを用いて、あるいは単純に、GN Net test製OSICS外部空洞レーザなどの市販の同調可能レーザに「コーヒレンス制御」を使用して線幅を広

げることができる。

【0021】パワー結合器の出力は、偏波調整器224に直接供給することができ、あるいは介在する光基準素子222に供給することができる。光基準素子は、様々な構成を取ることができる。例えば光基準素子を、既知量のPMDを提供するように、すなわち経路221上の信号が、その偏波状態に応じた遅延で、素子222を介して経路223上へ通過するように構成することができる。別法としては、光基準素子を、既知量のPDLを提供するように、すなわち経路221上の信号が素子を介して経路223上へ通過し、その偏波状態に応じた量だけ減衰するように構成することができる。また、光基準素子222を、既知量のPMDおよびPDLを提供するように構成することもできる。偏波調整器224は、光基準素子222の出力に結合され、あるいは光基準素子を持たない一実施形態では、結合器220の出力に直接結合される。一実施形態では、試験中の偏波依存性異常の強度を平均化するために、経路109上に現れる、異なる偏波を通して偏波調整器224を緩やかにスキャンさせることができる。他の実施形態では、装荷レーザ214が省略されている。

【0022】図3Aないし3Dは、光基準素子222を持たない送信器120によって生成され、経路109上の試験中のシステムに波長入<sub>λ</sub>で出力される例示的光プローブ信号を示したものである。図3Aのプロット301は、粗い時間スケールでゲートされるプローブ信号の信号レベル対時間を示したものである。プローブ信号がゲートされ、光経路の一方の側からの偏波異常の局部化を可能にしている。一実施形態では、試験中のシステムの任意の2本の帰還経路間の最短往復時間を超えない時間期間<sub>t</sub>。の間、波長入<sub>λ</sub>のプローブ信号をターン・オンさせることができる。例えば最短増幅器103間隔を4.5キロメータと仮定すると、<sub>t</sub>。の最長期間（すなわち、2×4.5kmの光ファイバを通る光信号の飛行時間）は440μ秒である。波長入<sub>λ</sub>のプローブ信号は、戻りプローブ信号がある「ショット」から次の「ショット」までの時間とオーバラップしない十分な長さの時間期間<sub>t</sub>。の間、スイッチ・オフされる。これは、PAL試験装置から試験中のシステムの末端までの往復飛行時間である。したがって長さ10,000kmのシステムの場合、最短オフ時間<sub>t</sub>。は約100μ秒である。

【0023】図3Bおよび3Cのプロット302および303は、それぞれ波長入<sub>λ</sub>のプローブ信号を図式的に示したもので、偏波変調器206によって信号に付与される偏波変調を示している。プロット302は、光パワー対時間を示している。プロット303は、プロット302で示す波形と同じ波形を示しているが、偏波の変化する性質を示すためにベクトルの形で画かれている。図に示す実施形態では、偏波状態は、2つの直交偏波P<sub>1</sub>

とP<sub>2</sub>の間でスイッチされている。一実施形態では、P<sub>1</sub>とP<sub>2</sub>の間の変化速度は1MHzである。

【0024】動作に関しては、この偏波変調プローブ信号は、偏波異常に遭遇すると、追加変調をもたらすことになる。例えば、プローブ信号が偏波依存性損失を有する経路中の位置に遭遇すると、受信器122における戻り信号の振幅が、P<sub>1</sub>とP<sub>2</sub>の間の振幅変調をもたらすことになる。プローブ信号が偏波モード分散を有する経路中の位置に遭遇すると、戻り信号が1GHzの変調に加えて遅延すなわち位相変調をもたらすように、P<sub>1</sub>とP<sub>2</sub>の間の飛行時間が変更されることになる。

【0025】図3Dのプロット304は、波長入<sub>λ</sub>のプローブ信号の信号レベル対時間をプロットしたもので、振幅変調器203によって信号に付与される振幅変調を示している。この例では、振幅は、一実施形態では約1MHzのレートの正弦波形で変調されている。この正弦波変調は、搬送周波数として作用し、追加振幅変調および/または位相変調の検出を補助している。

【0026】図4は、本発明によるPAL試験装置101の受信器部分の一例示的実施形態122のブロック図である。受信器部分122は、経路110上のシステムから入力方向上の信号を受信している。本発明による受信器122を様々な構成で提供することができることは、当分野の技術者には認識されよう。

【0027】図に示す例示的実施形態122では、経路110上の入力信号は、試験中の光経路上で見出される累積色分散を補償する色分散補償ユニット402に供給されている。分散を補償する様々な構成、例えば分散補償ファイバが、当分野の技術者に知られている。また、図に示す実施形態では、色分散補償ユニット402は、装置の受信側に設けられている。当分野の技術者に知られているように、送信側と受信側の間に色分散を分割することもできる。例えば、いくつかの実施形態では、必要な分散補償を送信器と受信器でほぼ50%づつに分割することが有利である。他の実施形態では、すべての補償を装置の送信側に置くことが適切である。

【0028】経路403上の分散補償信号は、光帯域通過フィルタ404に結合されている。光帯域通過フィルタ404は、波長入<sub>λ</sub>のプローブ波長を通過させ、他の信号をブロックするように調整されている。光受信器406は、フィルタリングされた経路405上の光信号を、経路407上の電気信号に変換している。光受信器406は、単純な振幅検出器など、知られている様々な構成を取ることができる。経路407上の電気信号は、中心周波数が発生器204の周波数と同じ周波数に調整された電気帯域通過フィルタ408に結合されている。帯域通過フィルタ408を使用し、信号409の雑音帯域幅を狭くすることによって信号407の信号対雑音比を向上させることができるが、フィルタ408の帯域幅は、発生器207によって与えられる偏波変調周波数で

11

生成される、あらゆる変調を通過させるために、十分に広い帯域幅を選択しなければならない。

【0029】経路409上の帯域制限信号は、位相検出器410および振幅検出器411に導かれる。位相検出器410は、偏波変調周波数（発生器207によって設定される）で生じる、搬送周波数（発生器204によって設定される）上のあらゆる位相変調を検出するように構成されている。振幅検出器411は、偏波変調周波数（発生器207によって設定される）で生じる、搬送周波数（発生器204によって設定される）上のあらゆる振幅変調を検出するように構成されている。

【0030】経路412上の検出位相変調および経路413上の検出振幅変調は、記録装置414によって記録される。様々な構成の記録装置414を提供することができる。一実施形態では、記録装置414はデジタル・オシロスコープである。デジタル・オシロスコープ、記録装置のためのトリガ信号415は、スイッチ・コントローラ212によって生成され、例えば213と同様の信号である。偏波異常のタイプが予め分かっている場合、検出器410および411のいずれか一方しか必要としない場合がある。例えばPMDの位置を特定するために使用されている装置の場合、振幅検出器411は不要である。

【0031】図5は、本発明による受信器に有用な位相検出器の一例示的実施形態410のブロック図である。様々な構成の位相検出器を提供することができることは、当分野の技術者には認識されよう。図に示す例示的実施形態では、偏波変調レート $f_{\text{mod}}$ における搬送周波数 $f_s$ 上の電気位相変調が、図に示す位相変調／振幅変調（PM／AM）変換器を用いて位相変調から振幅変調へ変換されている。経路409上の入力電気信号は、パワー分割器502によって実質的に同一の信号に分割される。分割された信号は、関連する帯域通過フィルタ503、504および505にそれぞれ結合されている。帯域通過フィルタ503の中心周波数は $f_s + f_{\text{mod}}$ であり、帯域通過フィルタ504の中心周波数は $f_s$ 、また、帯域通過フィルタ505の中心周波数は $f_s - f_{\text{mod}}$ である。これら3つのフィルタの各帯域幅は、中継器サイト103N間の往復時間に関連するレートで生じる、あらゆる一時的情報を通過させるために十分に広くなっている。また、これら3つのフィルタの各帯域幅は、帯域幅が重複しないように十分に狭く、したがって調波が阻止され、かつ、雑音が抑制されている。フィルタ504から線路507上に現れる周波数 $f_s$ の信号は、遅延素子509によって、線路506および508上の信号に対して搬送周波数の波の1/4、すなわち $1/(4f_s)$ だけ遅延される。510上のこの遅延信号は、パワー結合器511内で信号506および508と加算される。振幅検出器512は、パワー結合器511から出力される信号を検出している。様々な構成の

10

振幅検出器を提供することができ、また、記録装置414の構成と類似の構成を持たせることができる。

【0032】図6は、本発明によるシステムの、偏波変調レート $f_{\text{mod}}$ における搬送周波数 $f_s$ の平均位相変調をプロット600としたものである。平均位相変調は、往復偏波モード分散に関連する測定を提供している。図6に示す位相変調は、試験中のシステムに沿った距離と等価である時間の関数（時間軸および距離が、光経路を通過する光速を通して関係している）として示されている。プローブ信号のパルスが、增幅器のスパンの最長往復遅延より短い実施形態では、システムから戻される信号のほとんどが、それぞれ連続するスパンからの一連の個別パルスである。

【0033】プロット600の教訓的な特徴は、各戻りパルスの「中心」内における戻り信号のレベル、すなわち各帰還ステージの位置に対応する適切な遅延での信号レベルである。プロット600は、信号がロー・レベルからハイ・レベルへ変化する、遅延の値が最大約4.5μ秒までの位相変調の小さい値を示している。このことは明らかに、局部化偏波異常の位置が、小さい値を有する最後の反射と、大きい位相変調値を有する最初の反射の間にあることを示している。光はファイバ中を約4.89μ秒/kmで移動し、4.5μ秒は、測定端から局部化偏波依存性遅延および／または損失までの往復時間であるため、この4.5μ秒の遅延は、測定端からの距離約460kmに相当する。

【0034】プロット600のデータは、常にデータを累積する（すなわち、測定中、偏波調整器209および／または224を変化させる）一方で、多くの偏波ランチ状態に渡って平均化することによって記録することができる。他の実施形態では、プロット600中のデータと類似しているように思われる一組のデータを、その組内の各エレメントに対して、固定偏波ランチ状態を用いて記録することができる。この実施形態では、偏波調整器209および／または224は、データを累積し、記録している間、固定の状態に保持される。次に、測定と測定の合間に、偏波ランチ状態が異なる固定状態に変更され、データの累積が繰り返される。この手順を繰り返すことにより、異なる分析を実行することができる一組のデータが構築される。例えば、受信信号の標準偏差を、故障の位置を示す距離の関数として表示させることができる。あるいは相関分析を用いて、異なる帰還経路を介した受信信号を比較することができる。

【0035】図2の光基準素子222を用いて、光伝送経路内における局部化偏波依存性遅延および／または損失（故障とも呼ばれる）の量を推定することができる。一実施形態では、光基準素子を使用することなく測定を実行し、故障の直後の変調応答を決定することができる。次に、様々な故障値の光基準素子を挿入し、測定を実行することができる。光基準素子が挿入された場合の

30

40

50

故障の直前の増幅器の変調応答が、故障の直後の増幅器の変調応答と同じである場合、その故障の値は、挿入された光基準素子の故障値によって近似される。

【0036】例えば、図7は、本発明によるシステムの平均位相変調レベル対時間を示したもので、20psのPMDが伝送経路内に置かれた故障である。プロット710は、システム内に光基準素子222が無い場合の平均位相変調を示したもので、約1.65msで故障が発生していることを示している。ポイント701は、光伝送における故障の直後の応答を表している。プロット720、730および740は、システム内にそれぞれ10ps、20psおよび40psのPMD値を有する光基準素子222が挿入された場合の平均位相変調を示したものである。ポイント702、703および704は、PMD値がそれぞれ10ps、20psおよび40psの光基準素子222を有する光伝送経路における故障の直前の増幅器の応答を表している。この例では、ポイント703における位相変調応答は、ポイント701の位相変調応答と一致している。したがって伝送経路内の故障は、大よそ20psと推定される。

【0037】以上のように、光伝送線路内の局部化偏波依存性異常を検出するための方法および装置が提供される。偏波変調プローブ信号を出力光ファイバに印加し、かつ、システムに沿った光ループバック経路を介して送り返された受信信号を検出することにより、光伝送経路の一端から偏波依存性遅延および/または損失を検出することができる。プローブ信号は、光信号の振幅を所定のレートで変調し、かつ、光信号の偏波を所定のレートで変調し、次に、パルスを形成するためにこの連続信号を再変調することによって生成される。このプローブ信号は、光経路に沿って伝搬し、ケーブルに沿って配置された光帰還サイトを介して戻される。プローブ信号が偏波依存性遅延および/または損失に遭遇すると、プローブ信号は、追加位相および/または振幅変調をもたらす。入力ファイバを介して戻されるプローブ信号が検出され、局部化偏波依存性異常の位置を測定するために、\*

14  
\* 伝送信号のタイミングと比較される。基準量の偏波依存性遅延および/または損失が送信器に挿入され、光伝送経路内の局部化偏波依存性遅延および/または損失の量を推定するための測定が実行される。

【0038】本明細書において説明した実施形態は、本発明を利用したごく一部に過ぎず、また、実例として説明したもので、何ら制限されるものではない。本発明の精神および範囲を著しく逸脱することなく、当分野の技術者には容易に明らかであろう他の多くの実施形態が可能であることは明確である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による、光経路に接続された例示的偏波異常ロケータの略図である。

【図2】本発明による偏波異常ロケータ装置の送信器部分の例示的実施形態のブロック図である。

【図3】3Aは本発明による例示的プローブ信号の信号レベル対時間をプロットした図である。3Bは3Aに示すプローブ信号の例示的t<sub>0</sub>部分の偏波対時間をプロットした図である。3Cは3Bに示すプローブ信号のt<sub>0</sub>部分の偏波対時間のベクトルをプロットした図である。3Dは3Aに示すプローブ信号の例示的t<sub>0</sub>部分の搬送周波数成分の信号レベル対時間をプロットした図である。

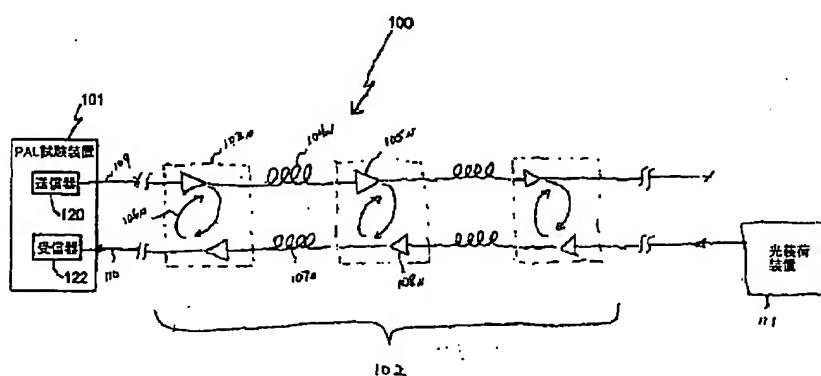
【図4】本発明による偏波異常ロケータ装置の受信器部分の例示的実施形態のブロック図である。

【図5】本発明による偏波異常ロケータ装置の受信器部分に使用するための位相検出回路の例示的実施形態のブロック図である。

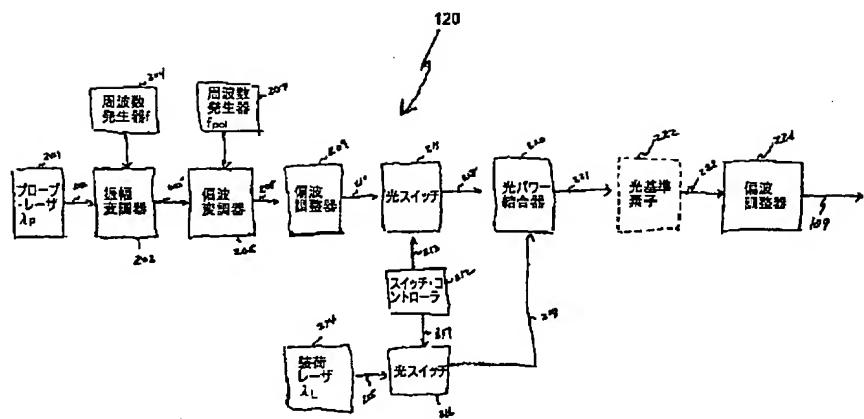
【図6】本発明による偏波異常ロケータ装置の送信器から受信器への光経路を介して戻されたプローブ信号の位相変調レベル対時間をプロットした図である。

【図7】参考として、異なる量のPMDを端子に付加した場合の、本発明による偏波異常ロケータ装置の送信器から受信器への光経路を介して戻されたプローブ信号の位相変調レベル対時間をプロットした図である。

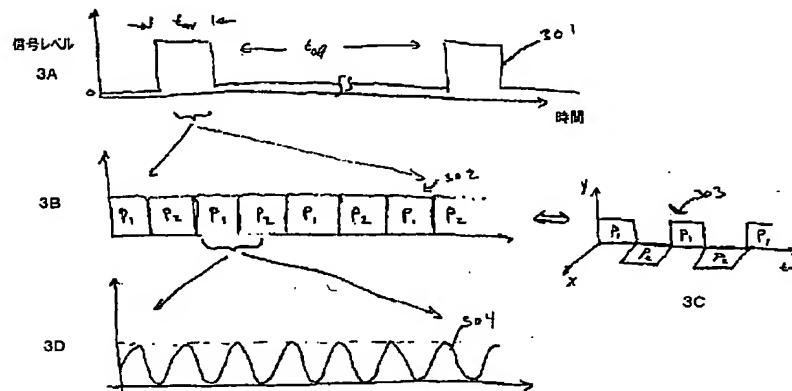
【図1】



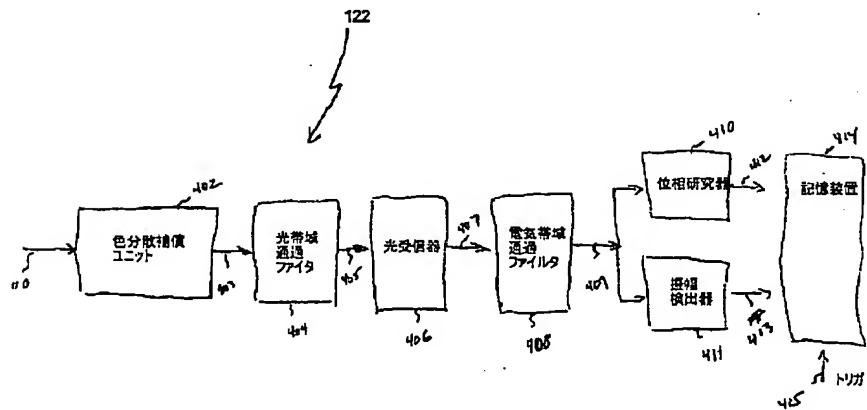
【図2】



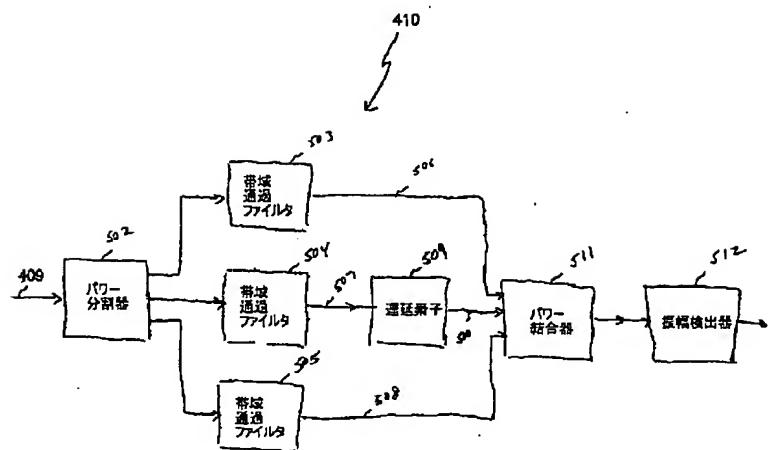
【図3】



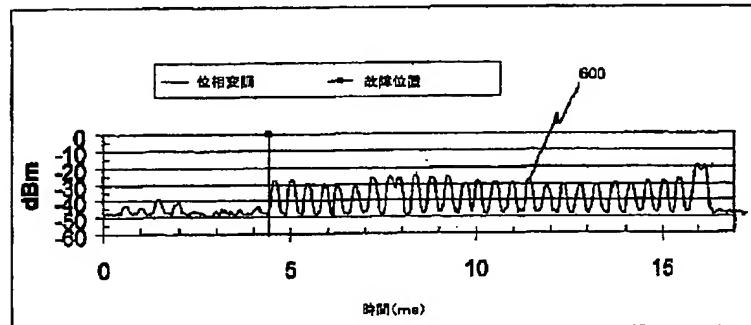
【図4】



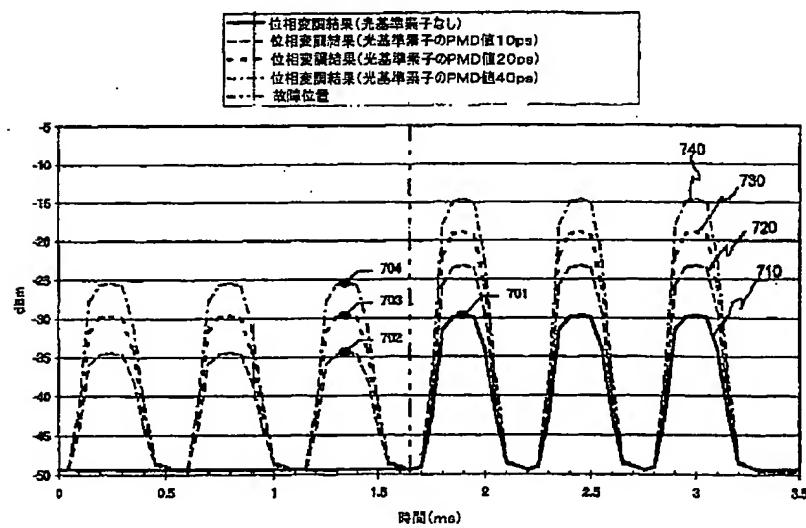
【図5】



【図6】



【図7】



〔手続補正書〕

【提出日】平成14年5月23日(2002.5.23)

\* 【補正対象項目名】全図

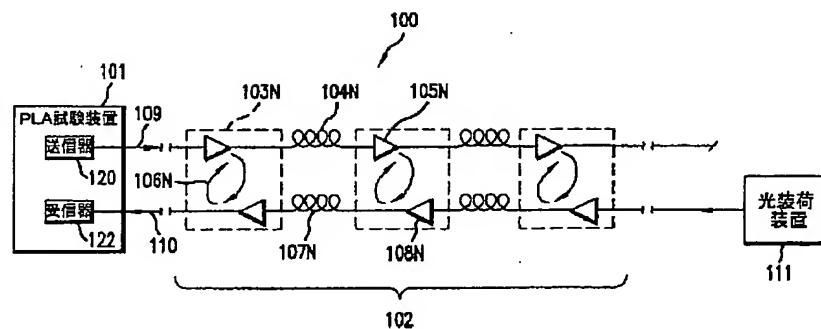
### 【補正方法】麥更

### 【補正内容】

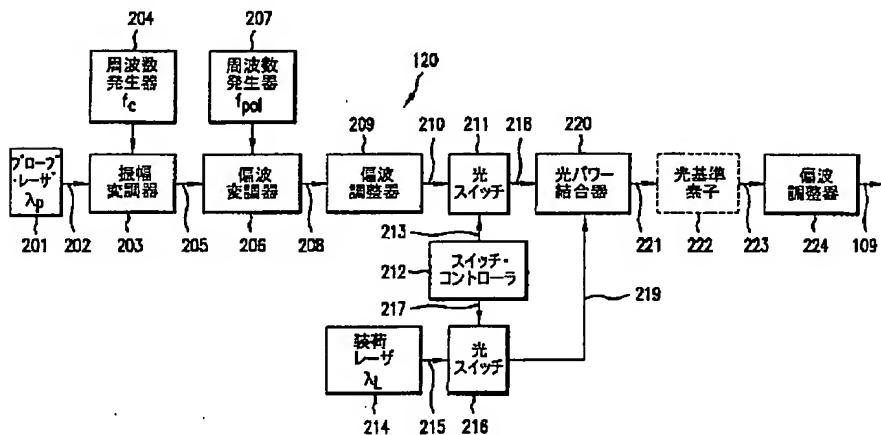
【手続補正1】

\*

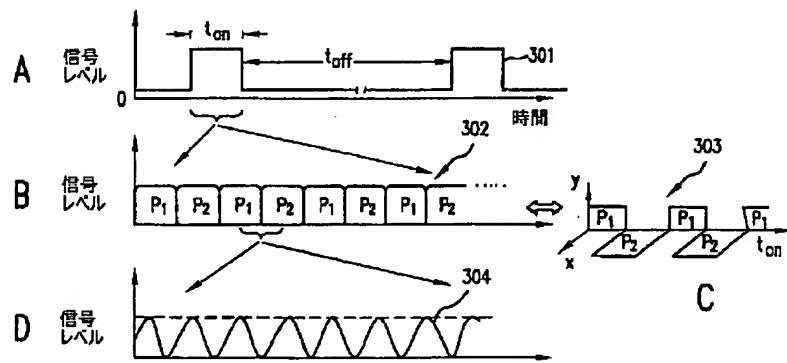
【図1】



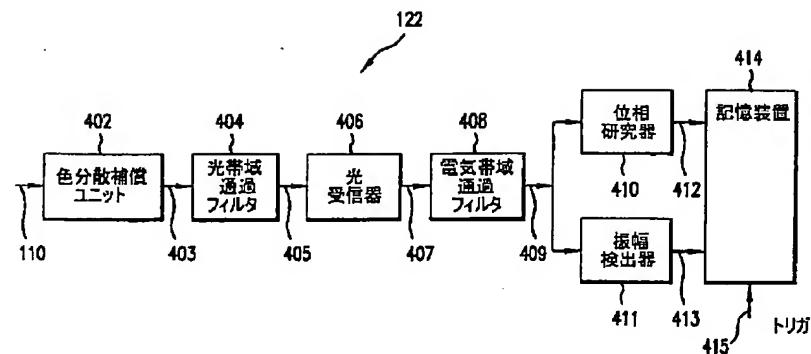
[図2]



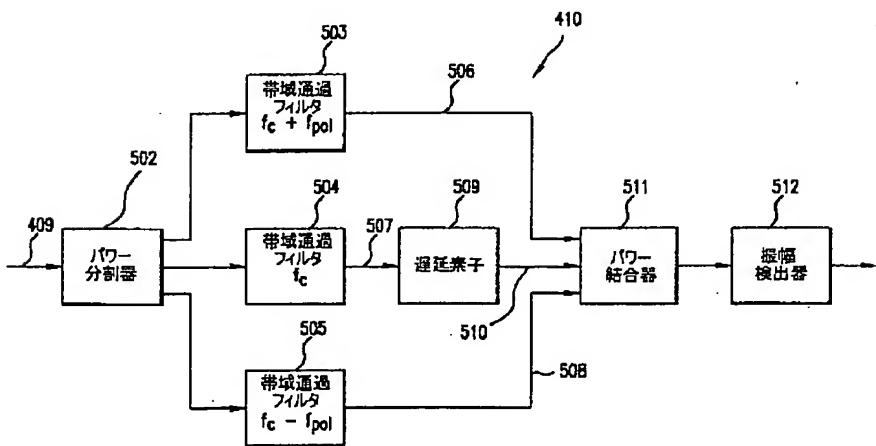
【図3】



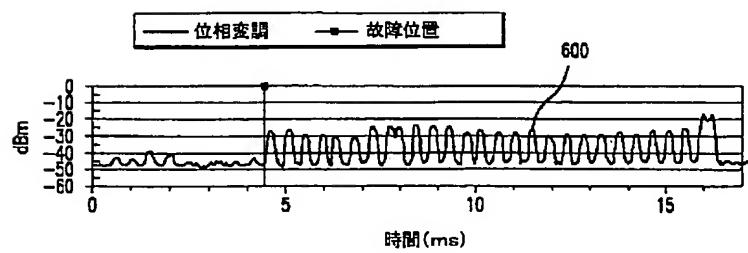
【図4】



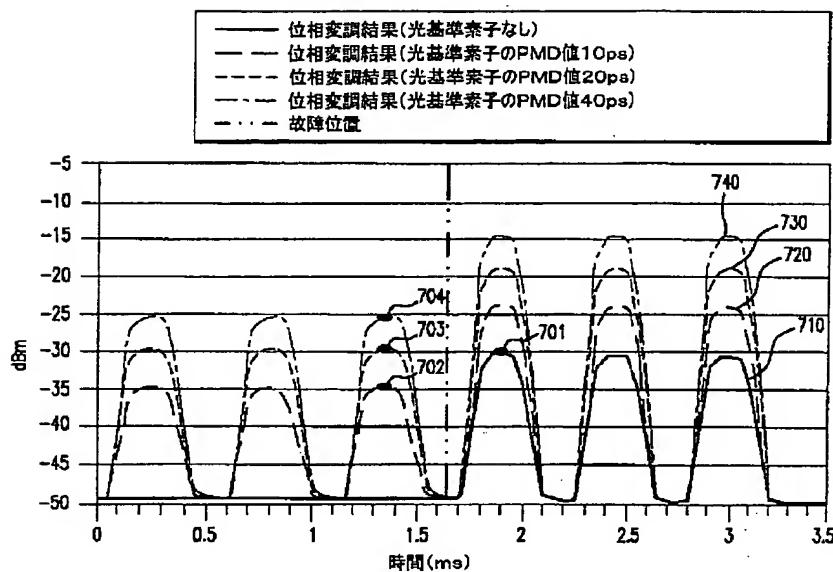
【図5】



【図6】



【図7】



## フロントページの続き

(51)Int.C1.<sup>7</sup>

H 0 4 B 10/18

識別記号

F I

マーク(参考)

(72)発明者 クレオ デー, アンダーソン  
 アメリカ合衆国 07722 ニュージャーシ  
 ィ, コルツ ネック, フェアウエイ ウエ  
 スト 24

(72)発明者 ウィリアム ダブリュ. バターン  
 アメリカ合衆国 07728 ニュージャーシ  
 ィ, フリーホールド, メイアーロード  
 2

(72)発明者 リチャード エル. メイバッチ  
 アメリカ合衆国 07733 ニュージャーシ  
 ィ, ホルムデル, スプリング ヴァレー  
 ドライヴ 13

F ターム(参考) 5K002 AA02 AA04 CA14 EA06 EA07  
 FA01 GA03  
 5K042 CA10 DA11 EA08 FA08 JA02  
 JA08 LA11

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第7部門第3区分

【発行日】平成17年8月25日(2005.8.25)

【公開番号】特開2002-368702(P2002-368702A)

【公開日】平成14年12月20日(2002.12.20)

【出願番号】特願2002-105598(P2002-105598)

【国際特許分類第7版】

H 04 B 17/00

G 01 M 11/02

H 04 B 10/02

H 04 B 10/08

H 04 B 10/18

【F I】

H 04 B 17/00 T

G 01 M 11/02 F

G 01 M 11/02 Z

H 04 B 9/00 K

H 04 B 9/00 M

【手続補正書】

【提出日】平成17年2月14日(2005.2.14)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の光伝送経路と第2の光伝送経路およびループバック経路を有する光通信ネットワークのための偏波異常ロケータ・システムであって、

プロープ信号を前記ネットワーク上で送信する、プロープ信号源と光結合した変調セクションを有する送信器であって、前記ループバック経路は、前記第1の伝送経路から前記第2の伝送経路へ前記プロープ信号の少なくとも一部を戻りプロープ信号として結合し、前記変調セクションが、特定の周波数の前記プロープ信号に一定の深さの変調をかけるように構成された送信器と、

前記戻りプロープ信号を受信し、当該戻りプロープ信号に応じて前記ネットワーク内の偏波異常を検出するように構成された受信器と、を備える偏波異常ロケータ・システム。

【請求項2】

前記変調セクションは、

搬送周波数の前記プロープ・レーザ出力信号の振幅を変調するように構成された振幅変調器と、

偏波周波数の前記プロープ・レーザ出力信号の偏波を変調するように構成された偏波変調器とをさらに備え、

それにより前記振幅変調器および偏波変調器が、変調プロープ・レーザ出力信号を提供する、請求項1に記載のシステム。

【請求項3】

前記振幅変調器は、前記搬送周波数の前記プロープ・レーザ出力信号に正弦波強度変化を付与するために、前記プロープ・レーザ出力信号の振幅を変調するように構成される、請求項2に記載の偏波異常ロケータ・システム。

**【請求項 4】**

前記偏波変調器は、前記偏波周波数の偏波が実質的に直交する状態間で、前記プローブ・レーザ出力信号の偏波状態のスイッチングを付与するために、当該プローブ・レーザ出力信号を偏波変調するように構成される、請求項 2 に記載の偏波異常ロケータ・システム。

**【請求項 5】**

前記送信器は、前記変調プローブ・レーザ出力信号の平均偏波状態を調整するように構成された偏波調整器をさらに備える、請求項 2 に記載の偏波異常ロケータ・システム。

**【請求項 6】**

前記送信器は、制御信号に応じて、前記変調プローブ・レーザ出力信号を光経路上に選択的に切り換えるように構成された光スイッチをさらに備える、請求項 2 に記載の偏波異常ロケータ・システム。

**【請求項 7】**

前記送信器は、

装荷信号を提供するように構成された装荷レーザと、

装荷レーザ制御信号に応じて、装荷信号光経路上の前記装荷信号を切り換えるように構成された装荷レーザ光スイッチと、

前記光経路上および前記装荷信号光経路上の光パワーを、パワー結合器出力として結合するように構成されたパワー結合器と、をさらに備える請求項 6 に記載の偏波異常ロケータ・システム。

**【請求項 8】**

前記制御信号は、前記装荷レーザ光スイッチが閉状態である場合には、前記光スイッチをオン状態に切り換え、前記装荷レーザ光スイッチが開状態である場合には、前記光スイッチをオフ状態に切り換えるように構成される、請求項 7 に記載の偏波異常ロケータ・システム。

**【請求項 9】**

前記装荷信号の周波数が、前記ネットワークの光通過帯域内にあり、前記プローブ・レーザ出力信号の周波数とは異なる、請求項 7 に記載の偏波異常ロケータ・システム。

**【請求項 10】**

前記送信器は、前記パワー結合器出力を基準異常レベルにするよう構成された光基準素子をさらに備える、請求項 7 に記載の偏波異常ロケータ・システム。

**【請求項 11】**

前記送信器は、前記光基準素子の出力の平均偏波状態を調整するように構成された偏波調整器をさらに備える、請求項 10 に記載の偏波異常ロケータ・システム。

**【請求項 12】**

前記送信器が、前記プローブ信号を基準異常レベルにするよう構成された光基準素子をさらに備える、請求項 1 に記載の偏波異常ロケータ・システム。

**【請求項 13】**

前記基準異常レベルが、偏波依存性損失の所定レベルである請求項 12 に記載の偏波異常ロケータ・システム。

**【請求項 14】**

前記基準異常レベルが、偏波モード分散の所定レベルである請求項 12 に記載の偏波異常ロケータ・システム。

**【請求項 15】**

前記受信器は、前記戻りプローブ信号を受信して、累積色分散を補償するための色分散補償器を備える、請求項 1 に記載の偏波異常ロケータ・システム。

**【請求項 16】**

前記偏波異常が偏波依存性損失であり、前記受信器が、前記戻りプローブ信号を表す信号の振幅を検出することにより、前記偏波依存性損失を検出するように構成された振幅検出器を備える、請求項 1 に記載の偏波異常ロケータ・システム。

**【請求項 17】**

前記偏波異常が偏波モード分散であり、前記受信器が、前記戻りプロープ信号を表す信号の位相変調を検出することにより、前記偏波モード分散を検出するように構成された位相検出器を備える、請求項 1 に記載の偏波異常ロケータ・システム。

**【請求項 18】**

前記位相検出器が PM/AM 変換器を備える、請求項 17 に記載の偏波異常ロケータ・システム。

**【請求項 19】**

前記プロープ信号が搬送周波数で送信されて、偏波変調周波数で変調され、前記 PM/AM 変換器が、前記戻りプロープ信号を表す前記信号を、第 1、第 2 および第 3 の光経路上に分割するためのパワー分割器を備え、前記第 1 の光経路が、実質的に前記搬送周波数と前記偏波変調周波数とを加算した周波数に等しい周波数を中心とする通過帯域を有する第 1 の帯域通過フィルタを備え、前記第 2 の光経路が、実質的に前記搬送周波数に等しい周波数を中心とする通過帯域を有する第 2 の帯域通過フィルタ、および前記第 2 の帯域通過フィルタの出力を遅延させるための遅延素子を備え、前記第 3 の光経路が、実質的に前記搬送周波数から前記偏波変調周波数を減算した周波数に等しい周波数を中心とする通過帯域を有する第 3 の帯域通過フィルタ、および前記第 1 の帯域通過フィルタ、前記遅延素子、および前記第 3 の帯域通過フィルタから出力されるパワーを結合するためのパワー結合器を備える、請求項 18 に記載の偏波異常ロケータ・システム。

**【請求項 20】**

前記プロープ信号が、振幅変調および偏波変調される、請求項 1 に記載の偏波異常ロケータ・システム。

**【請求項 21】**

前記プロープ信号が振幅変調される、請求項 1 に記載の偏波異常ロケータ・システム。

**【請求項 22】**

前記プロープ信号が偏波変調される、請求項 1 に記載の偏波異常ロケータ・システム。

**【請求項 23】**

前記第 2 の伝送経路に光結合するインバウンド装荷レーザを備え、前記インバウンド装荷レーザは、第 2 の伝送経路に関連する雑音レベルを低減するように構成される、請求項 1 に記載の偏波異常ロケータ・システム。

**【請求項 24】**

光通信ネットワーク内の偏波依存性異常を検出する方法であって、  
プロープ信号を前記ネットワーク上で送信するステップと、  
戻りプロープ信号として前記ネットワークから前記プロープ信号を受信するステップと

前記戻りプロープ信号に応じて前記偏波異常を検出するステップとを含む方法。

**【請求項 25】**

前記プロープ信号の移動距離に応じて、前記偏波異常の位置を計算するステップをさらに含む、請求項 24 に記載の方法。

**【請求項 26】**

前記プロープ信号が、振幅変調および偏波変調される、請求項 24 に記載の方法。

**【請求項 27】**

前記プロープ信号が振幅変調される、請求項 24 に記載の方法。

**【請求項 28】**

前記プロープ信号が偏波変調される、請求項 24 に記載の方法。

**【請求項 29】**

前記ネットワークが、第 1 の光伝送経路と第 2 の光伝送経路およびループバック経路を備え、前記プロープ信号の少なくとも一部が、前記第 1 の伝送経路上で送信され、前記ループバック経路を介して、前記戻りプロープ信号として前記第 2 の伝送経路から受信される、請求項 24 に記載の方法。

**【請求項 3 0】**

光通信ネットワーク内の偏波依存性異常のレベルを近似化する方法であって、プロープ信号を前記ネットワーク上で送信するステップと、戻りプロープ信号として前記ネットワークから前記プロープ信号を受信するステップと、  
基準プロープ信号を既知の基準異常と共に前記ネットワーク上で送信するステップと、戻り基準プロープ信号として前記ネットワークから前記基準プロープ信号を受信するステップと、  
前記戻り基準プロープ信号と前記戻りプロープ信号を比較するステップとを含む方法。

**【請求項 3 1】**

前記プロープ信号および前記基準プロープ信号が、振幅変調および偏波変調される、請求項 3 0 に記載の方法。

**【請求項 3 2】**

前記プロープ信号および前記基準プロープ信号が振幅変調される、請求項 3 0 に記載の方法。

**【請求項 3 3】**

前記プロープ信号および前記基準プロープ信号が偏波変調される、請求項 3 0 に記載の方法。

**【請求項 3 4】**

前記ネットワークが、第 1 の光伝送経路と第 2 の光伝送経路およびループバック経路を備え、前記プロープ信号の少なくとも一部が、前記第 1 の伝送経路上で送信され、前記ループバック経路を介して、前記戻りプロープ信号として前記第 2 の伝送経路から受信される、請求項 3 0 に記載の方法。

**【請求項 3 5】**

前記既知の基準異常が、偏波依存性損失の既知量である、請求項 3 0 に記載の方法。

**【請求項 3 6】**

前記既知の基準異常が、偏波モード分散の既知量である、請求項 3 0 に記載の方法。

**【手続補正 2】**

【補正対象書類名】 図面

【補正対象項目名】 図 4

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【図4】

